



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116551230 A

(43) 申请公布日 2023. 08. 08

(21) 申请号 202310465317.1

B23K 15/00 (2006.01)

(22) 申请日 2023.04.26

(71) 申请人 西安航天发动机有限公司

地址 710100 陕西省西安市雁塔区航天基地神舟二路69号

(72) 发明人 吴振中 张勤练 潘兆义 宋硕

宋禹 马胜 胥栋衡 胡海刚

(74) 专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

专利代理师 孙建玲

(51) Int. Cl.

B23K 28/02 (2014.01)

B23K 9/32 (2006.01)

B23K 9/235 (2006.01)

B23K 9/16 (2006.01)

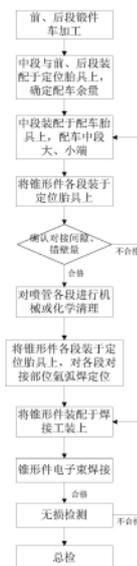
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法

(57) 摘要

本发明提供了一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,包括:按理论尺寸对锥形构件的前段、后段锻件进行加工;将后、中、前段装配于定位胎具上,确定中段大、小端的配车余量;按照确定的配车余量对中段大、小端分别进行配车加工,直至对接间隙及错壁量均满足要求;对中、段、后段待焊部位进行表面清理,然后装配于定位胎具上,确认对接间隙及错壁量均满足要求后,采用氩弧焊进行定位焊;将定位焊后的锥形构件装配于焊接夹具上,装夹于电子束焊机转台上,采用电子束焊接工艺分别进行前段与中段、中段与后段的焊接。本发明方法能够实现多段锥形钛合金构件的精密加工、装配及电子束焊接,获得纯净、可靠、致密的连接焊缝。



1. 一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,其特征在于,包括如下步骤:  
按理论尺寸对锥形构件的前段、后段锻件进行加工,成型中段且中段两端留有配车余量;

将后段、中段及前段依次装配于定位胎具上,使后段和前段定位于定位胎具型面吻合处,检查确认前段与中段、中段与后段对接部位的错壁量,确定中段大端、小端的配车余量;

将中段吊放到车加工胎具上,按照确定的配车余量对中段大端、小端分别进行配车加工;

将前段、后段、配车加工后的中段装配于定位胎具上,检查确认对接间隙及错壁量是否满足要求;若不满足,重新对中段大端、小端进行配车加工,直至对接间隙及错壁量均满足要求;

对配车后的中段、前段及后段待焊部位进行表面清理;

将清理后的前、中、后三段装配于定位胎具上,使后段和前段定位于定位胎具型面吻合处,确认对接间隙及错壁量均满足要求后,采用氩弧焊进行定位焊;

将定位焊后的锥形构件装配于焊接夹具上,装夹于电子束焊机转台上,采用电子束焊接工艺分别进行前段与中段、中段与后段的焊接。

2. 根据权利要求1所述的大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,其特征在于,所述定位胎具包括支撑胎I(11)、大端拉环I(12)、小端压盖I(13)和压紧螺母I(14),所述支撑胎I(11)为内部带有支撑轴的胎体结构,胎体小端、大端具有与产品一致的连续型面,伸出胎体小端的支撑轴上加工有外螺纹,与小端压盖I(13)外侧的压紧螺母I(14)配合;所述小端压盖I(13)位于支撑胎I小端外侧,在压紧螺母I(14)的压力下压紧前段;所述大端拉环I(12)套设在后段大端外侧,最大直径小于后段最大直径,通过连接件与支撑胎I(11)大端连接拉紧后段。

3. 根据权利要求1所述的大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,其特征在于,所述车加工胎具包括支撑胎II(21)、小端压盖II(22)和大端拉环II(23);所述支撑胎II(21)为内部带有支撑轴的胎体结构,其大端、小端具有与中段大端、小端一致的型面,小端高度低于中段小端面;所述支撑轴两端安装支撑盘,小端支撑盘支撑中段小端,大端支撑盘支撑中段大端;

所述小端压盖II(22)安装于支撑胎II(21)小端外侧,通过连接件与小端支撑盘固定连接将中段小端压紧,以对中段大端进行配车加工;

所述大端拉环II(23)套设在支撑胎II(21)大端外侧,与大端支撑盘高度位置存在重叠,最大直径小于支撑胎II(21)大端最大直径,通过连接件与支撑胎II(21)大端固定连接将大端拉紧,以对中段小端进行配车加工。

4. 根据权利要求1所述的大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,其特征在于,所述将前段、后段、配车加工后的中段装配于定位胎具上,检查确认对接间隙及错壁量是否满足要求的步骤中,所述对接间隙、错壁量均不大于0.1mm为满足要求。

5. 根据权利要求1所述的大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,其特征在于,所述对配车后的中段、前段及后段待焊部位进行表面清理的步骤中,包括:采用机械抛磨、激光清洗手段对产品待焊部位进行机械清理,去除表面氧化膜、露出基体金属色;采用有机溶剂对待焊部位进行清洗,去除表面油污、杂质,确保对接部位洁净。

6. 根据权利要求1所述的大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,其特征在于,所述采用氩弧焊进行定位焊的步骤中,采用不填丝的氩弧焊对前段与中段、中段与后段之间的对接焊缝进行整周分段定位焊,定位点熔深应控制不大于0.5mm,定位点间距控制在50~100mm之间。

7. 根据权利要求1所述的大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,其特征在于,所述采用氩弧焊进行定位焊的步骤后,将前-中-后三段组合体与定位胎具分离,检查确认对接间隙、错壁量满足要求后实施后续焊接。

8. 根据权利要求1所述的大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,其特征在于,所述焊接夹具包括主支撑轴(31)、大端胀紧支撑盘(32)、小端胀紧支撑盘(33)、大端压盖(34)和小端压盖III(35),所述大端胀紧支撑盘(32)和小端胀紧支撑盘(33)位于主支撑轴(31)上,分别支撑中段与后段焊缝、前段与中段焊缝两侧结构,优选大端胀紧支撑盘(32)和小端胀紧支撑盘(33)周向型面上开设焊漏槽,相应焊缝落入焊漏槽区域内;

所述大端压盖(34)、小端压盖III(35)套在主支撑轴(31)上,分别设置于后段、前段外侧,通过大端压紧螺母与小端压紧螺母对构件实施装夹固定。

9. 根据权利要求1所述的大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,其特征在于,采用电子束焊接工艺分别进行前段与中段、中段与后段的焊接步骤中,先后实施大束流正式焊及修饰焊。

所述大束流正式焊选用的电子束焊接参数为:表面聚焦电流2000~2100mA,电子束流35~40mA,焊接速度1.0~1.5m/min,扫描幅值 $V_x=V_y=1.0\sim 1.2\text{mm}$ ,扫描频率300~350HZ。

10. 根据权利要求9所述的大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,其特征在于,所述修饰焊选用的电子束焊接参数为:上聚焦聚焦电流2100~2200mA,电子束流25~30mA,焊接速度1.0~1.5m/min,扫描幅值 $V_x=V_y=1.0\sim 1.2\text{mm}$ ,扫描频率300~350HZ。

## 一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于装配焊接技术领域,特别涉及一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法。

### 背景技术

[0002] 液体火箭发动机推力室喷管多为具有拉瓦尔型面的薄壁锥形构件,采用焊接方法实现各段连接,各段之间的对接状态对焊接质量影响较大。对于该大尺寸(最小处直径 $\geq 1000\text{mm}$ )钛合金薄壁(壁厚 $\leq 1.5\text{mm}$ )锥形构件,对焊前零件的对接状态要求较高,一般要求对接间隙、错壁量均不大于 $0.1\text{mm}$ 。因此,对于大尺寸钛合金薄壁锥形构件,需采用合适的加工工艺,保证对接部位间隙、错壁量等状态满足要求,进而保证产品型面连续,且电子束焊接质量受控。

### 发明内容

[0003] 为了克服现有技术中的不足,本发明人进行了锐意研究,提供了一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,实现多段锥形钛合金构件的精密加工、装配及电子束焊接,获得纯净、可靠、致密的连接焊缝。

[0004] 本发明提供的技术方案如下:

[0005] 一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,包括如下步骤:

[0006] 按理论尺寸对锥形构件的前段、后段锻件进行加工,成型中段且中段两端留有配车余量;

[0007] 将后段、中段及前段依次装配于定位胎具上,使后段和前段定位于定位胎具型面吻合处,检查确认前段与中段、中段与后段对接部位的错壁量,确定中段大端、小端的配车余量;

[0008] 将中段吊放到车加工胎具上,按照确定的配车余量对中段大端、小端分别进行配车加工;

[0009] 将前段、后段、配车加工后的中段装配于定位胎具上,检查确认对接间隙及错壁量是否满足要求;若不满足,重新对中段大端、小端进行配车加工,直至对接间隙及错壁量均满足要求;

[0010] 对配车后的中段、前段及后段待焊部位进行表面清理;

[0011] 将清理后的前、中、后三段装配于定位胎具上,使后段和前段定位于定位胎具型面吻合处,确认对接间隙及错壁量均满足要求后,采用氩弧焊进行定位焊;

[0012] 将定位焊后的锥形构件装配于焊接夹具上,装夹于电子束焊机转台上,采用电子束焊接工艺分别进行前段与中段、中段与后段的焊接。

[0013] 根据本发明提供的一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,具有以下有益效果:

[0014] (1) 本发明提供的一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,通过设

计合理的车加工胎具、定位胎具,以及合理的配车加工工艺流程,有助于保证各段之间加工后的对接间隙、错壁量等满足不大于0.1mm的要求;

[0015] (2) 本发明提供一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,设计焊接夹具,焊接时采用支撑盘对焊缝部位进行支撑,实现锥形构件各段的高精度回转焊接;

[0016] (3) 本发明提供一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,采用分段定位焊→大束流焊→修饰焊的焊接工艺流程,通过大束流焊可保证焊缝熔透,通过修饰焊消除焊缝表面的咬边,获得纯净、可靠、致密的连接接头。

## 附图说明

[0017] 图1为本发明大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法实施流程图;

[0018] 图2为本发明锥形构件产品结构示意图;

[0019] 图3为本发明一种优选实施方式中定位胎具结构示意图;

[0020] 图4为本发明一种优选实施方式中车加工胎具结构示意图;

[0021] 图5为本发明一种优选实施方式中焊接夹具结构示意图。

[0022] 附图标号说明

[0023] 11-支撑胎I;12-大端拉环I;13-小端压盖I;14-压紧螺母I;21-支撑胎II;22-小端压盖II;23-大端拉环II;24-小端支撑盘;25-大端支撑盘;31-主支撑轴;32-大端胀紧支撑盘;33-小端胀紧支撑盘;34-大端压盖;35-小端压盖III。

## 具体实施方式

[0024] 下面通过对本发明进行详细说明,本发明的特点和优点将随着这些说明而变得更加清楚、明确。

[0025] 在这里专用的词“示例性”意为“用作例子、实施例或说明性”。这里作为“示例性”所说明的任何实施例不必解释为优于或好于其它实施例。尽管在附图中示出了实施例的各种方面,但是除非特别指出,不必按比例绘制附图。

[0026] 本发明提供了一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配焊接方法,如图1所示,包括如下步骤:

[0027] 步骤S1,对大尺寸钛合金薄壁锥形构件(图2)的前段、后段锻件按理论尺寸进行加工,中段为热成型钣金件,中段留有配车余量,用于将中段大端、小端与前段、后段进行配车加工。

[0028] 步骤S2,将加工的后段、钣金件中段及前段依次装配于定位胎具上,使后段和前段定位于定位胎具型面吻合处,检查确认前段与中段、中段与后段对接部位的错壁量,确定中段大端、小端的配车余量。

[0029] 定位胎具结构如图3所示。定位胎具包括支撑胎I11、大端拉环I12、小端压盖I13和压紧螺母I14,所述支撑胎I11为内部带有支撑轴的胎体结构,胎体小端、大端在一定范围内具有与产品一致的连续型面,伸出胎体小端的支撑轴上加工有外螺纹,与小端压盖I13外侧的压紧螺母I14配合;所述小端压盖I13位于支撑胎I小端外侧,在压紧螺母I14的压力下压紧前段;所述大端拉环I12套设在后段大端外侧,最大直径小于后段最大直径,通过螺纹连接件与支撑胎I11大端连接拉紧后段。

[0030] 将前段、中段、后段三段分别吊放到定位胎具上后,采用大端拉环I12将后段拉紧、小端压盖I13将前段压紧,使前段与中段、中段与后段对接部位与胎具贴合、胀圆,以检查、确认对接错壁状态,确定前段与中段、中段与后段对接部位的配车余量。

[0031] 步骤S3,将中段吊放到车加工胎具上,使中段大端定位于车加工胎具型面吻合处,确认中段小端与车加工胎具型面贴合间隙不大于0.1mm后,对小端进行车加工;使中段小端定位于车加工胎具型面吻合处,确认中段大端与车加工胎具型面贴合间隙不大于0.1mm后,对大端进行车加工,车加工后的焊接面应垂直于产品母线。

[0032] 车加工胎具结构如图4所示。车加工胎具包括支撑胎II 21、小端压盖II 22和大端拉环II 23;所述支撑胎II 21为内部带有支撑轴的胎体结构,大、小端具有与中段大端、小端一致的型面,小端高度低于中段产品小端面;所述支撑轴两端安装支撑盘,小端24支撑中段小端,大端支撑盘25支撑中段大端;

[0033] 所述小端压盖II 22安装于支撑胎II 21小端外侧,通过固定销或螺纹连接件等与小端支撑盘24固定连接以将中段小端压紧,确认中段大端与胎体贴合间隙不大于0.1mm后,对中段大端进行配车加工;

[0034] 所述大端拉环II 23套设在支撑胎II 21大端外侧,与大端支撑盘25高度位置存在重叠,最大直径小于支撑胎II 21大端最大直径,通过螺纹连接件等与支撑胎II 21大端固定连接以将大端拉紧,确认中段小端与胎体贴合间隙不大于0.1mm后,对中段小端进行配车加工。

[0035] 步骤S4,将前段、后段、配车加工后的中段装配于图3所示的定位胎具上,大端用大端拉环I12将后段拉紧、小端用小端压盖I13将前段压紧,使后段和前段定位于定位胎具型面吻合处,检查确认前段与中段、中段与后段对接部位的间隙及错壁量是否满足不大于0.1mm要求。

[0036] 若不满足要求,根据错壁情况重新确定中段大、小端的配车余量,重新按照步骤S3要求对中段进行配车加工,配车后重新试装,直至前段与中段、中段与后段之间的对接间隙及错壁量均不大于0.1mm。

[0037] 步骤S5,对配车后的中段、前段及后段待焊部位进行表面清理,去除油污、杂质和氧化膜等。

[0038] 采用机械抛磨、激光清洗等手段对产品待焊部位进行机械清理,去除表面氧化膜、露出基体金属色;采用汽油、酒精等对待焊部位进行清洗,去除表面油污、杂质等,确保对接部位洁净。

[0039] 步骤S6,将清理后的前、中、后三段分别吊放到图3所示的定位胎具上,使后段和前段定位于定位胎具型面吻合处,检查确认前段与中段、中段与后段之间的对接间隙及错壁量,应满足均不大于0.1mm的要求。

[0040] 确认对接状态满足要求后,采用不填丝的氩弧焊对前段与中段、中段与后段之间的对接焊缝进行整周分段定位焊,定位点熔深应控制不大于0.5mm,定位点间距控制在50~100mm之间。

[0041] 分段定位焊选用的电子束焊接参数为:聚焦电流2000~2100mA(表面聚焦),电子束流20~25mA,焊接速度1.0~1.5m/min,定位长度200~300mm,定位点间距50~100mm。

[0042] 定位完成后,将定位在一起的前-中-后三段组合体吊下定位胎具,检查确认对接

间隙、错壁量应满足不大于0.1mm要求。

[0043] 步骤S7,将前-中-后三段组合体吊装到焊接夹具上,并两端固定。

[0044] 焊接夹具应能将前段与中段焊缝、中段与后段焊缝在焊接过程中起到支撑作用,并设计有焊漏槽,防止焊漏将产品焊缝与胎体焊在一起。如图5所示,所述焊接夹具包括主支撑轴31、大端胀紧支撑盘32、小端胀紧支撑盘33、大端压盖34和小端压盖III 35,所述大端胀紧支撑盘32和小端胀紧支撑盘33位于主支撑轴31上,分别支撑中段与后段焊缝、前段与中段焊缝两侧结构,大端胀紧支撑盘32和小端胀紧支撑盘33周向型面上开设焊漏槽,相应焊缝落入焊漏槽区域内,防止焊漏将产品焊缝与胎体焊在一起;

[0045] 所述大端压盖34、小端压盖III 35套在主支撑轴31上,分别设置于后段、前段外侧,通过大端压紧螺母与小端压紧螺母对构件实施装夹固定。

[0046] 步骤S8,采用真空电子束焊接工艺对前-中-后三段组合体的前段-中段焊缝、中段-后段焊缝进行焊接,步骤S6采用“分段定位焊”后本步骤继续采用“大束流正式焊→修饰焊”的顺序焊接,分段定位焊及大束流焊接时采用表面聚焦、焊接过程中电子束扫描等方式以增加焊缝熔宽,修饰焊时采用上聚焦、较小束流等方式以消除焊缝咬边,获得饱满、可靠的焊缝。

[0047] 大束流正式焊选用的电子束焊接参数为:聚焦电流2000~2100mA(表面聚焦),电子束流35~40mA,焊接速度1.0~1.5m/min,扫描幅值 $V_x=V_y=1.0\sim 1.2\text{mm}$ ,扫描频率300~350HZ。

[0048] 修饰焊选用的电子束焊接参数为:聚焦电流2100~2200mA(上聚焦),电子束流25~30mA,焊接速度1.0~1.5m/min,扫描幅值 $V_x=V_y=1.0\sim 1.2\text{mm}$ ,扫描频率300~350HZ。

#### [0049] 实施例1

[0050] 钛合金薄壁锥形构件材料为TC2,前段与后段为锻件机加而成,中段为热成型钣金件,前段与中段对接部位直径为 $\phi 1100\text{mm}$ 、对接壁厚为 $\delta 1.5\text{mm}$ ,中段与后段对接部位直径为 $\phi 1740\text{mm}$ 、对接壁厚为 $\delta 1.5\text{mm}$ ,前段、后段按理论尺寸进行加工,中段留有一定配车余量,用于将中段大、小段与前、后段进行配车加工。

[0051] 第一步,将钛合金薄壁锥形构件后段、中段、前段依次装配于定位胎具上,定位胎具大端采用大端拉环将后段拉紧、小端采用小端压盖将前段压紧,检查前段与中段、中段与后段对接部位的错壁量,确定中段大、小端的配车余量。

[0052] 第二步,将中段装配于车加工胎具上,先用小端压盖将中段小端压紧,确认大端与胎体贴合间隙不大于0.1mm,对大端进行车加工,然后卸除小端压盖,再采用大端拉环将中段大端拉紧,确认小端与胎体贴合间隙不大于0.1mm,对中段小端进行车加工。

[0053] 第三步,将后段、车加工后的中段、前段依次装配于定位胎具上,检查确认前段与中段、中段与后段对接部位的对接间隙、错壁量是否满足不大于0.1mm要求。若不满足,根据错壁量重新确定中段大、小端的配车余量,重新按第二步方法对中段进行配车加工,配车后重新试装,直至前段与中段、中段与后段之间的对接间隙及错壁量均不大于0.1mm。

[0054] 第四步,对钛合金薄壁锥形构件前、中、后三段对接部位进行表面清理,首先采用砂纸、抛光工具等进行机械清理,去除表面氧化膜、露出基体金属色,随后采用汽油进行气相清洗,去除表面油污、杂质等,保证对接面及其附近区域洁净。

[0055] 第五步,将清理后的后段、中段、前段依次装配于定位胎具上,大端用大端拉环拉

紧、小端用小端压盖压紧,确认前段与中段、中段与后段之间的对接间隙及错壁量均不大于0.1mm后,采用手工氩弧焊方法对前段与中段、中段与后段对接部位进行定位焊,采用不填丝的氩弧焊进行定位焊,定位点熔深应控制不大于0.5mm,定位点间距控制在50~100mm之间。

[0056] 分段定位焊选用的电子束焊接参数为:聚焦电流2070mA(表面聚焦),电子束流20mA,焊接速度1.2m/min,定位长度200~300mm,定位点间距50~100mm。

[0057] 第六步,将定位在一起的前-中-后三段组合体装配于焊接胎具上,大、小端采用压盖压紧固定。

[0058] 将装有产品的焊接夹具吊装到电子束焊机上,大端用卡盘夹紧,小端用尾顶顶紧,找正前段与中段、中段与后段之间的圆跳动量,应不大于0.5mm。

[0059] 调整电子束焊枪至对缝位置的距离为30mm,将焊枪角度按照对缝角度进行调整,保证电子束下束方向与对缝方向一致。

[0060] 第七步,对前段与中段、中段与后段之间的对缝进行电子束焊接,继续采用“大束流正式焊→修饰焊”的顺序进行焊接。

[0061] 大束流正式焊选用的电子束焊接参数为:聚焦电流2070mA(表面聚焦),电子束流36mA,焊接速度1.2m/min,扫描幅值 $V_x=V_y=1.0\text{mm}$ ,扫描频率300HZ。

[0062] 修饰焊选用的电子束焊接参数为:聚焦电流2170mA(上聚焦),电子束流25mA,焊接速度1.2m/min,扫描幅值 $V_x=V_y=1.0\text{mm}$ ,扫描频率300HZ。

[0063] 焊后对焊缝进行表面检查,焊缝表面质量应符合GJB1718A标准要求;对焊缝进行X射线检测,焊缝内部质量应符合GJB1718A标准要求。

[0064] 本发明提供了一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配、电子束焊接方法,通过设计专用的车加工、定位胎具,形成了一套成熟的加工流程,保证了对接部位间隙、错壁量在合理范围内,满足电子束焊接要求。

[0065] 本发明提供了一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件的精密装配、电子束焊接方法,通过设计合理的电子束焊接支撑工装,可保证电子束焊接时对焊缝部位进行支撑,防止产生过大焊接变形,同时焊接夹具上设计焊漏槽,避免出现因焊漏过大造成产品与工装焊在一起的现象。

[0066] 本发明提供了一种大尺寸钛合金薄壁锥形构件电子束焊接工艺流程,采用表面聚焦大束流焊接能保证对接部位获得高可靠熔透焊缝,采用上聚焦小束流焊接可以消除焊缝咬边,最终获得饱满、可靠的焊缝。

[0067] 以上结合具体实施方式和范例性实例对本发明进行了详细说明,不过这些说明并不能理解为对本发明的限制。本领域技术人员理解,在不偏离本发明精神和范围的情况下,可以对本发明技术方案及其实施方式进行多种等价替换、修饰或改进,这些均落入本发明的范围内。本发明的保护范围以所附权利要求为准。

[0068] 本发明说明书中未作详细描述的内容属本领域技术人员的公知技术。

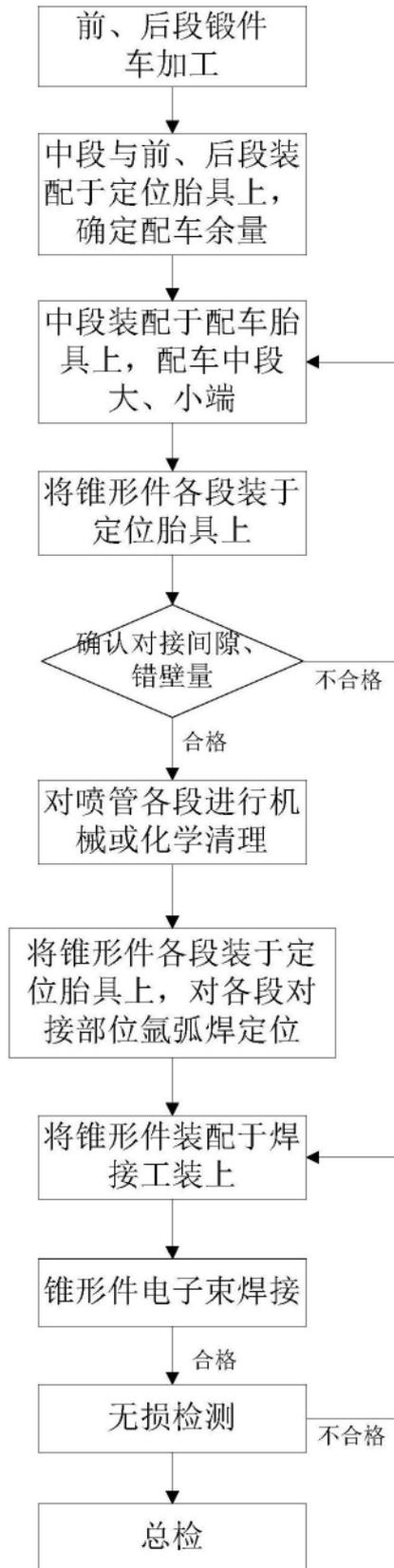


图1

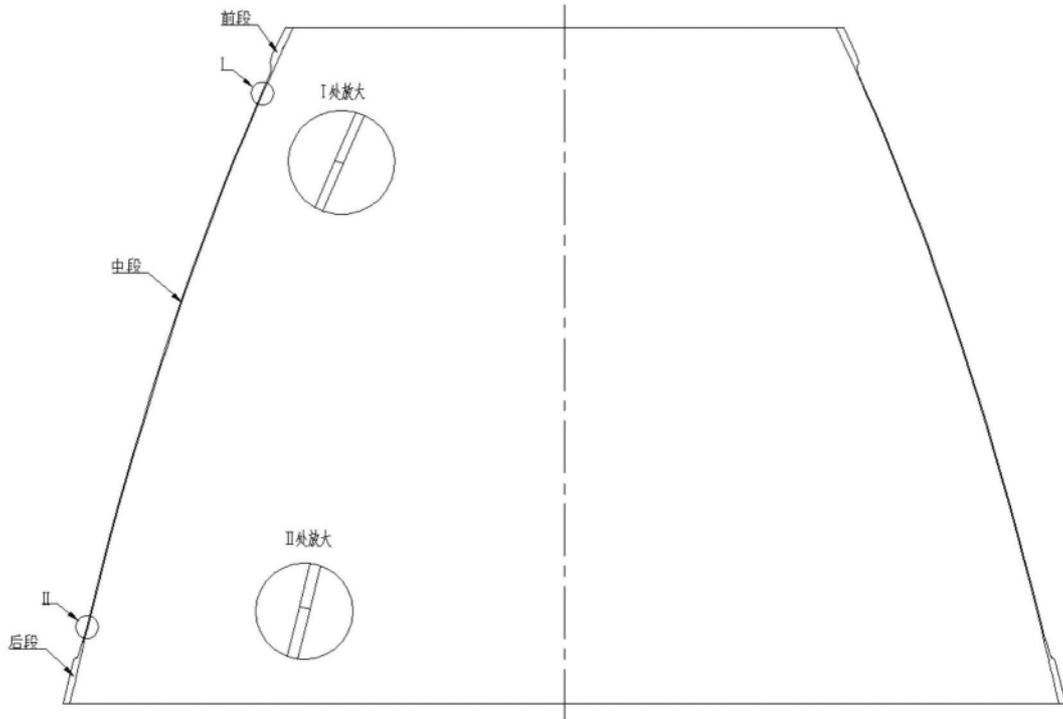


图2

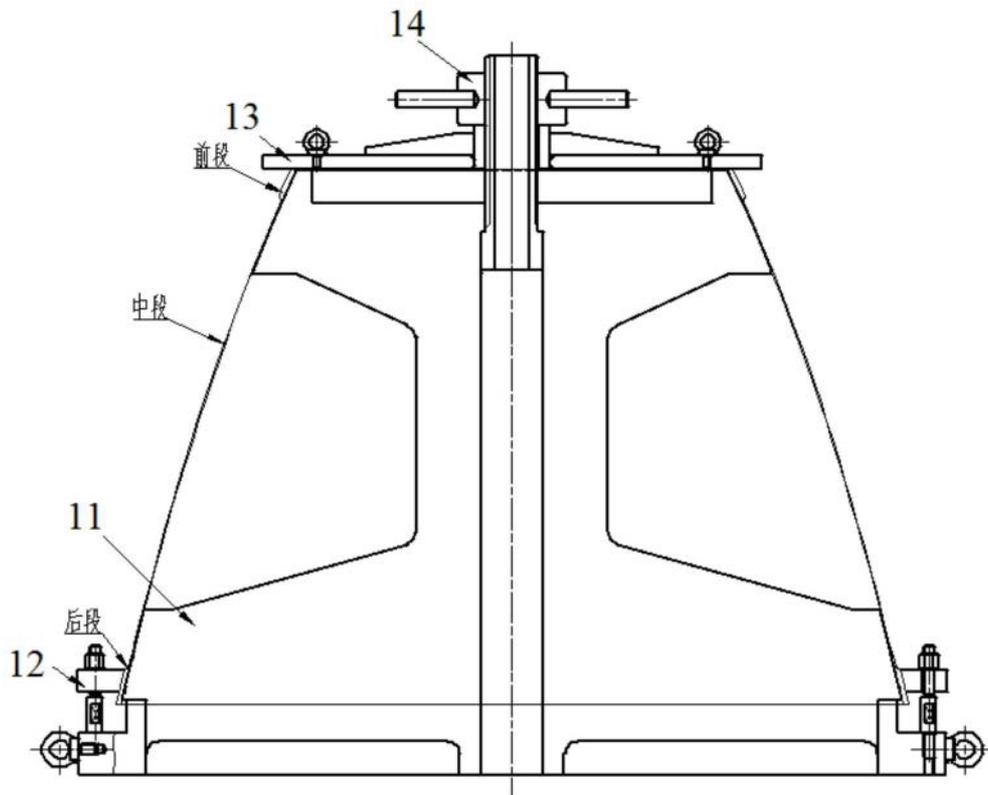


图3

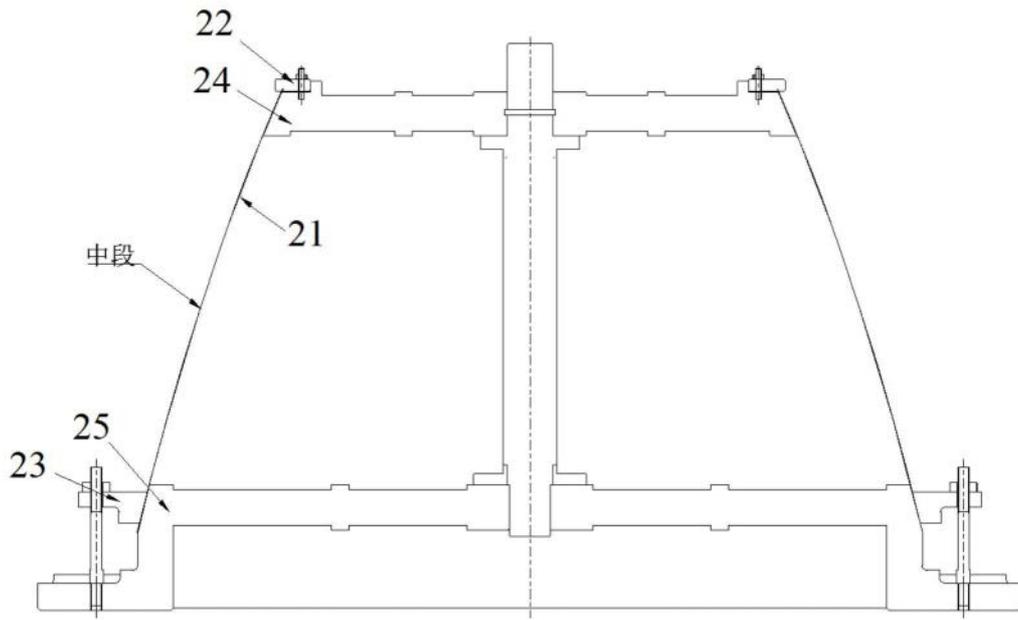


图4

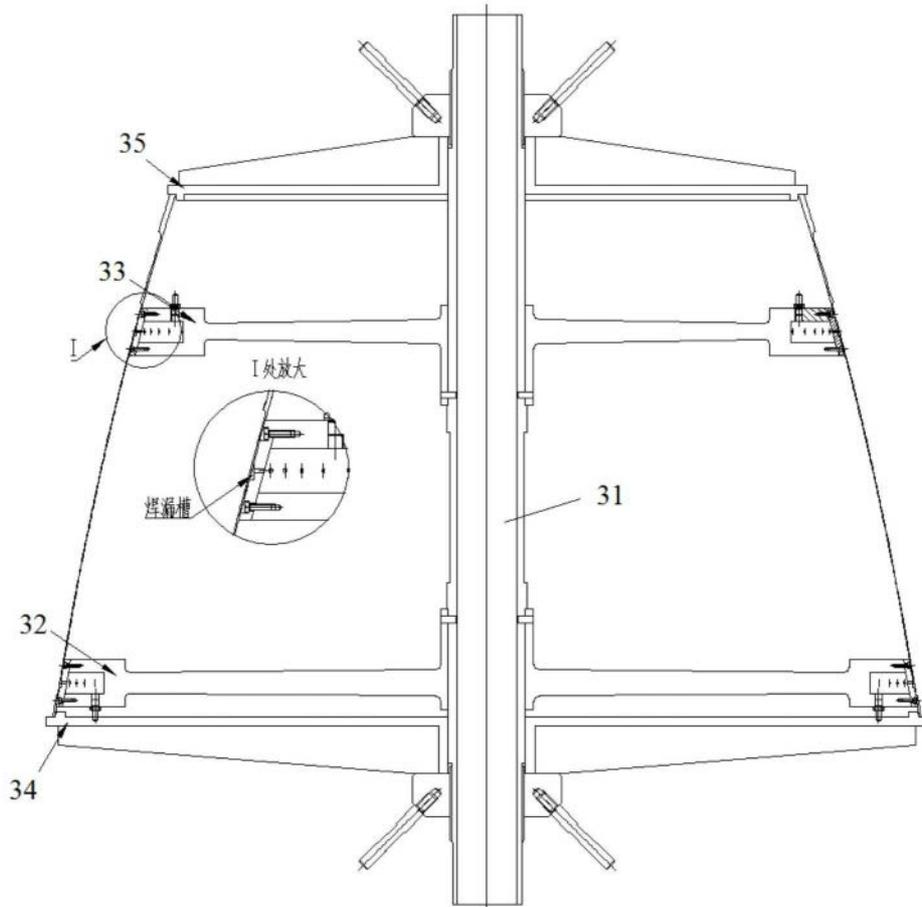


图5